Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 4, Oct- Nov 2021, p. 517-532

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۴، مهر- آبان ۱۴۰۰، ص. ۵۳۲-۵۱۷

**مقاله پژوهشی**

# بررسی تاثیر هیدروکلویید کنجاک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی سوریمی تولید شده از دو ماهی سارم (*Scomberoides commersonnianus*) و حسون (*Saurida tumbil*)

**درنوش جعفرپور[1]*-پریسا عطایی[2]**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱

## چکیده

در این پژوهش از اندازه‌های کوچک دو ماهی سارم و حسون که کمتر مورد استقبال مصرف کنندگان قرار می‌گیرد جهت تولید سوریمی استفاده شد و تاثیر هیدروکلوئید کنجاک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول تولید شده از این دو نوع ماهی مورد مقایسه قرار گرفت. بدین منظور، مقادیر مختلف صمغ کنجاک در غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۰/۷۵ درصد به نمونه‌های سوریمی و ژل سوریمی ماهی حسون و سارم افزوده شد و با نمونه شاهد (سوریمی بدون کنجاک) مقایسه گردید. سوریمی و ژل تولیدی از نظر ترکیبات شیمیایی، ظرفیت نگهداری آب و فاکتورهای رنگی مورد ارزیابی قرار گرفتند و بررسی ویژگی‌های بافتی و ارزیابی حسی در مورد ژل‌های تولیدی هر دو نوع ماهی انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که با افزودن صمغ کنجاک به نمونه‌های سوریمی و ژل تولیدی هر دو ماهی، رطوبت و ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافته در حالی که فاکتور روشنایی (L*) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (p<۰/۰۵). با افزایش غلظت صمغ کنجاک در ژل سوریمی هر دو ماهی، پارامترهای مربوط به بافت (سفتی، انسجام، چسبندگی، فنریت و قابلیت جویدن)، نیروی شکست و عمق نفوذ به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. همچنین نتایج نشان دادند ژل سوریمی حاصل از ماهی حسون از سفتی، انسجام و استحکام بالاتری نسبت به ماهی سارم برخوردار بود. ارزیابی‌های حسی نیز نشان داد که افراد ارزیاب در مورد ژل سوریمی حاصل از ماهی حسون بیشترین امتیاز را به تیمار ۰/۵٪ و در مورد ماهی سارم به تیمار ۰/۷۵٪ کنجاک اختصاص دادند. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر مشخص شد که ژل سوریمی حاصل از ماهی سارم از کیفیت پایین‌تری نسبت به ماهی حسون برخوردار بوده اما با افزودن کنجاک می‌توان خصوصیات آن‌را بهبود بخشید.

**واژه‌های کلیدی:** سوریمی، صمغ کنجاک، رنگ، بافت، ارزیابی حسی

## مقدمه

افزایش روزافزون آگاهی نسبت به ارزش تغذیه‌ای، سلامت و بهداشت مواد غذایی و همچنین تغییر روش زندگی در کشورهای صنعتی سبب گردیده تا تقاضا برای مواد خوراکی سالم و آماده مصرف بیشتر گردد. در این رابطه آبزیان خوراکی به‌عنوان منابع غنی از پروتئین با قابلیت هضم آسان و ارزش بیولوژیکی بالا که قادرند ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای چرب مفید را تامین نمایند، از جایگاه خاصی برخوردارند (جعفرپور، ۱۳۹۲). همه ساله در جریان صید ماهیان دریایی برخی از گونه‌هایی که صید می‌شوند برای مصرف انسان مناسب نیستند. حدود ۳۰ درصد از مجموعه صیدی که به عرشه منتقل می‌شود به دلایل مختلف مثل رنگ نامطلوب، طعم، اندازه کوچک و چربی زیاد به عنوان مازاد صید یا کم مصرف شناخته می‌شود که این خود عامل مهمی در اتلاف این منابع غنی محسوب می‌شود (FAO, 2012). از این رو لازم است تمهیداتی به‌کار برده شود تا بتوان از این گونه‌ها برای مصارف انسانی بهره گرفت. از شناخته‌ترین تکنولوژی‌ها جهت استفاده از ماهیان کم‌مصرف و دیگر منابع آبزی، چرخ کردن گوشت و بهره‌گیری از آن جهت تولید محصولات متنوع دیگر می‌باشد (جعفرپور، ۱۳۹۲). سوریمی[3] واژه‌ای ژاپنی است که به گوشت ماهی استخوان‌گیری شده، چرخ شده و شسته شده با آب اطلاق می‌شود که به‌منظور تولید فرآورده‌های تقلیدی مانند پای خرچنگ، لابستر و اویستر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hajidoun and Jafarpour, 2013). سوریمی کنسانتره پروتئین‌های میوفیبریل به‌دست آمده از گوشت چرخ شده و شسته شده است که واجد ویژگی‌هایی شامل رنگ روشن، تعدیل محسوس در طعم و بوی طبیعی ماهی و چربی کم است (Park, 2014). ایالات متحده آمریکا و ژاپن از تولیدکنندگان اصلی سوریمی و محصولات مبتنی بر آن به‌شمار می‌روند. سوریمی با وجود مقادیر بالایی از

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فسا، فارس، ایران
(* - نویسنده مسئول: Email: d.jafarpour84@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v17i4.87488

3 Surimi

پروتئین‌های میوفیبریل دارای خصوصیات ژل‌شوندگی منحصر به فردی است که آن را به ماده غذایی پایه با عملکرد بسیار عالی برای تولید محصولات غذایی مانند برگر، سوسیس و غیره تبدیل کرده است. از ترکیبات مورد استفاده برای اصلاح و بهبود ویژگی‌های سوریمی می‌توان به نشاسته، افزودنی‌های پروتئینی و هیدروکلوئیدها اشاره کرد (Park, 2014).

کنجاک گلوکومانان از غده‌های گیاه (*Amorphophallus konjac*) از خانواده Araceae استحصال می‌گردد و نوعی هیدروکلوئید است. این پلی‌ساکارید خنثی به خاطر توانایی جذب آب بالا، به‌عنوان تشکیل‌دهنده ژل و عامل سفت‌کننده در غذاهای سنتی آسیایی استفاده می‌شود (Zhang *et al*., 2015). همچنین از آن به‌عنوان یکی از ویسکوزترین فیبرهای رژیمی یاد می‌کنند. استفاده آن در کشورهای غربی به‌عنوان یک جزء در غذاهای فراسودمند رو به گسترش است. محصولات کنجاک توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) در لیست ۱۰ غذای سالم برتر قرار گرفته (Al-Ghazzewi *et al*., 2007; Takigami *et al*., 1997). همچنین استفاده از آن به‌عنوان یک افزودنی غذایی در اروپا مجاز شناخته شده است و به‌عنوان (GRAS[1]) توسط سازمان غذا و دارو (FDA[2]) طبقه‌بندی می‌گردد. علاوه بر این استفاده از کنجاک به خاطر نقش مهم آن در کنترل وزن، اصلاح متابولیسم میکروبی روده، خارج ساختن رادیکال‌های آزاد، ممانعت از رشد تومورهای نهفته و پیشرفته نادر، بسیار مورد توجه است (Zhang *et al*., 2015).

حسینی شکرابی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی اثرات هیدروکلوئیدهای مختلف را بر ویژگی‌های بافتی و ریز ساختاری ژل سوریمی بررسی کردند و گزارش کردند برخی هیدروکلوئیدها از جمله کتیرای ایرانی بهترین نتیجه را در بهبود خواص بافتی و ریز ساختار ژل سوریمی در مقایسه با صمغ زانتان، کیتوزان و کنسانتره پروتئین آب پنیر دارد و کمترین تاثیر مطلوب با افزودن زانتان حاصل می شود. هدایتی و کوچکی (۱۳۹۲)، بیان کردند که از هیدروکلوئیدها می‌توان به‌منظور اصلاح بافت فرآورده‌های بر پایه سوریمی استفاده کرد. زیرا تشکیل کمپلکس پروتئین- آب- پلی‌ساکارید باعث تغییر در ویژگی‌های ساختاری و عملکردی پروتئین ماهی و ایجاد ژل‌های ویسکوالاستیک می‌گردد. Hai-hua و Chang-hu (۲۰۰۹) تاثیر هیدروکلوئیدهای مختلف را بر ویژگی‌های ژل سوریمی بررسی کردند و نشان دادند که افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف تاثیرات متفاوتی بر ویژگی‌های بافتی سوریمی دارد. کاراگینان و آگار نیروی شکست ژل سوریمی را افزایش داده در حالی که زانتان منجر به کاهش نیروی شکست ژل سوریمی می‌شود و آلژینات نیز تاثیر منفی ناچیزی دارد. افزودن هر یک از این هیدروکلوئیدها تغییر شکل ژل سوریمی را کاهش می‌دهد. Xiong و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی تاثیر کنجاک گلوکومانان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی ژل سوریمی حاصل از ماهی *Ctenopharyngodon idella* پرداختند و بیان کردند با افزایش غلظت کنجاک نیروی لازم جهت شکست و تغییر شکل ژل سوریمی افزایش می‌یابد و ظرفیت نگهداری آب بهبود می‌یابد.

ماهی حسون (*Saurida tumbil*) از جمله ماهیان استخوانی بوده که متعلق به خانواده Synodontidae می‌باشد. این ماهی دارای بدن استوانه‌ای کوچک، سر نوک تیز و فشرده است (صادقی، ۱۳۸۰). در مجموع مناطق غربی و مرکزی دریای عمان از بیشترین میزان توده زنده ماهی حسون برخوردار می‌باشد. ماهی سارم (*Scomberoides commersonnianus*) نیز از دیگر ماهیان استخوانی بوده که به خانواده Carangidae تعلق دارد. شکل و اندازه بدن گونه‌های مختلف این تیره بسیار متفاوت است. به‌طوری که در بعضی از گونه‌ها کشیده و در برخی دوکی شکل یا پهن و از دو طرف فشرده می‌باشد. این ماهی در آب‌های شور مناطق گرمسیری یافت می‌شود (Carpenter *et al*., 1997). از آنجا که اندازه‌های کوچک این دو نوع ماهی در ایران کمتر مورد استقبال مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد و از طرفی ویژگی‌های تولید سوریمی از آن‌ها گزارش نشده است، از این رو هدف از انجام این مطالعه بررسی امکان تولید سوریمی و ژل سوریمی از ماهی سارم و حسون بوده و نیز ارزیابی تاثیر هیدروکلوئید کنجاک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول تولید شده از این ماهیان می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

دو گونه ماهی مورد استفاده در این پژوهش با نام‌های محلی سارم و حسون به‌ترتیب با وزن تقریبی ۳۳/۶±۲۲۵/۹ و ۲۴/۴±۲۷۵/۹ گرم و اندازه متوسط ۲/۴±۱۵/۱ و ۲/۶±۱۷/۳ سانتی‌متر به‌صورت تازه از بازار ماهی فروشی واقع در فسا تهیه گردید و پس از قرارگیری در محفظه یخ بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. کنجاک (*Amorphophallus konjac*) مورد استفاده در این پژوهش از شرکت بهین آزما (شیراز، ایران) تهیه شد. تمام مواد شیمیایی مورد استفاده نیز از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

### آماده‌سازی سوریمی

آماده‌سازی سوریمی بر اساس دستورالعمل Gorczyca و Jafarpour (۲۰۰۹) انجام شد. بدین منظور ابتدا ماهی‌ها با آب سرد کاملا شستشو شدند. پس از سرزنی، تخلیه شکمی و شستشو، پوست ماهی و استخوان‌های آن به‌صورت دستی زدوده شد و به‌صورت فیله

---
۱ Generally Recognized As Safe
۲ Food and Drug Administration

درآمد. سپس گوشت آن با استفاده از چرخ گوشت خانگی (بوش، MFW68640، آلمان) با منفذ دو میلی‌متر چرخ گردید. سپس گوشت چرخ شده با آب سرد ۵ تا ۸ درجه سانتی‌گراد به نسبت ۱ به ۴ (گوشت: آب) به مدت ۱۰ دقیقه شسته و عملیات آبگیری با استفاده از پارچه تنظیف با چشمه یک میلی‌متر به‌صورت دستی انجام شد. پس از ۲ بار شستشو با آب خالص و آبگیری، مرحله نهایی شست و شو با آب نمک ۰/۳ درصد انجام پذیرفت. پس از آبگیری نهایی، با استفاده از یک وزنه سنگین عملیات فشرده‌سازی به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه بر روی گوشت چرخی ماهی صورت گرفت تا آب آن به‌طور کامل خارج شود. بعد از آن صمغ کنجاک با درصدهای ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۰/۷۵٪ (w/w) به سوریمی به‌دست آمده افزوده و سپس با استفاده از مولینکس (Moulinex، DPA1، فرانسه) به مدت ۳ دقیقه هموژن شد (Gorczyca and Jafarpour, 2009). دمای سوریمی در تمامی مراحل زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد. سپس نمونه‌ها در روکشی از جنس پلی‌آمید با قطر ۳۰ میلی‌متر قرار داده شد. جهت انجام این مرحله سوریمی به صورت یکنواخت و بدون هوا وارد روکش گردید و دو طرف روکش محکم بسته شد (جعفرپور، ۱۳۹۱).

## تولید ژل سوریمی

جهت آماده‌سازی ژل سوریمی، ابتدا نمونه‌ها جهت قوام‌یابی در حمام آبی (Germany, Memmert) با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت۳ ساعت قرار گرفته و سپس جهت پخت با استفاده از حمام آب گرم در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه حرارت داده شدند. پس از پخت جهت توقف فرآیندهای بعدی و جلوگیری از تاثیر دما بر بافت ژله‌ای سوریمی، نمونه‌ها سریعاً با آب یخ (۲±‌ درجه سانتی‌گراد)، سرد شدند. سپس نمونه‌های به‌دست آمده تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Yongsawatdigul and Piyadhammaviboon, 2005).

## میزان بازدهی سوریمی

میزان بازدهی سوریمی طبق روش Jin و همکاران (۲۰۰۷) اندازه‌گیری شد. بدین منظور وزن کل عضله قبل از شستشو و سوریمی به‌دست آمده پس از پایان مراحل شستشو، اندازه‌گیری شد. از تفاوت وزن کل عضله و توده نهایی سوریمی طبق فرمول زیر بازدهی محاسبه شد.

(۱) بازدهی (٪)= (وزن سوریمی تولیدی/ وزن ماده اولیه)×۱۰۰

## آنالیز ترکیب شیمیایی سوریمی

آنالیز ترکیب تقریبی شیمیایی نمونه‌ها بر اساس روش AOAC (۲۰۰۵) انجام پذیرفت. رطوبت سوریمی حاصل از دو گونه ماهی پس از تولید با استفاده از آون‌گذاری (Binder، آمریکا) در دمای ۱۰۵°C و رسیدن به وزن ثابت، پروتئین خام به روش کجلدال با استفاده از دستگاه هضم و تقطیر کجلدال (VAP.40،Gerhardt، آلمان)، چربی خام با استفاده از پترولیوم اتر و دستگاه سوکسله (Gerhardt، SE-416، آلمان) و خاکستر با استفاده از کوره‌گذاری (Nabertherm، آلمان) در دمای ۵۵۰°C اندازه‌گیری شدند (AOAC, 2005).

## ظرفیت نگهداری آب سوریمی

ظرفیت نگهداری آب با استفاده از دستگاه سانتریفوژ و طبق روش Hajidoun and Jafarpour (۲۰۱۳) اندازه‌گیری گردید. بدین جهت ابتدا ۵ گرم نمونه توسط ترازو توزین و در کاغذ واتمن به شماره ۴۱ پیچیده شد و سپس در دستگاه سانتریفوژ (۵۸۱۰، آلمان) در دمای ۸ °C به مدت ۳۰ دقیقه با دور ۱۷۰۰×g قرار داده شد. در نهایت ظرفیت نگهداری آب سوریمی و ژل سوریمی از اختلاف وزن کاغذ فیلتر قبل و بعد از سانتریفوژ مطابق فرمول زیر محاسبه شد.

$$WHC\ g/kg = [(1-Mw/Ms)]1000 \qquad (۲)$$

**Mw:** جرم ثانویه نمونه، **Ms:** جرم اولیه نمونه

## ارزیابی رنگ سوریمی

نمونه‌ها به ضخامت ۲۰ میلی‌متر برش زده و برای عکس‌برداری در جعبه‌ای با دیواره‌های سفید با ابعاد (۵۰×۵۰×۶۰) قرار گرفتند. برای نورپردازی فضا، از لامپ فلورسنت کم مصرف با توان ۶۰ وات با نور سفید استفاده شد. توزیع نور درون جعبه کاملا یکنواخت بوده و عکس‌برداری به‌وسیله یک دوربین دیجیتالی (Canon Power Shot A540، ژاپن) با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از نمونه و عمود برآن درون جعبه انجام پذیرفت. تصاویر بدست آمده به نرم افزار فتوشاپ ۸ منتقل شد و مولفه‌های رنگ (L*, a*, b*) آن‌ها بدست آمد. مولفه رنگ L* بیانگر روشنایی، مولفه رنگ a* نشان‌دهنده میزان سبزی و قرمزی و مولفه رنگ b* میزان آبی و زرد را نشان می‌دهد. سپس مؤلفه‌های رنگ برای آنالیز آماری استفاده شد (Yam and Papadakis, 2004).

## آنالیز پروفایل بافت ژل سوریمی

ابتدا نمونه‌های ژل به اندازه ۲۵×۲۰ میلی‌متر توسط کولیس و تیغه تیز برش داده و قبل از انجام آزمایش‌ها با دمای محیط (۲۶–۲۸ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳۰ دقیقه هم دما شدند. بافت نمونه‌های مورد نظر توسط دستگاه بافت‌سنج بروکفیلد مدل LFRA 4500، مجهز به سلول بارگذاری ۲۵ کیلوگرمی و پروب استوانه‌ای شکل با قطر ۵۰ میلی‌متر مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی بافت، نمونه‌های ژل سوریمی به صورت محوری تا نصف ارتفاع اولیه با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و نیروی ۰/۱ نیوتن، در دو مرحله متوالی فشرده شدند. فاصله بین دو مرحله فشرده‌سازی ۵ ثانیه بود. در این

آزمون فاکتورهای سفتی[۱] (حداکثر نیروی لازم برای تغییر شکل مورد نظر در سیکل اول فشردن)، فاکتور انسجام[۲] (نیروی لازم جهت غلبه بر نیروی جاذبه سطحی بین ذرات)، فاکتور چسبندگی[۳] (حداکثر نیروی منفی مورد نیاز برای خارج نمودن پروب از ماده غذایی)، فاکتور فنریت[۴] (مقدار برگشت ماده به حالت اولیه پس از برداشتن نیرو) و قابلیت جویدن (انژری لازم برای خرد کردن یک ماده غذایی نیمه جامد تا هنگامی که آماده بلع شود) اندازه‌گیری شدند (Santana *et al.*, 2013).

### آزمون نفوذ ژل سوریمی

جهت ارزیابی بافت ژل سوریمی از آزمون نفوذ نیز استفاده شد. بدین جهت با استفاده از دستگاه بروکفیلد مجهز به سلول بارگذاری ۲۵ کیلوگرمی و پروب استوانه‌ای شکل با قطر ۵ میلی‌متر ارزیابی انجام شد. پروب با سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه و نیروی ماشه‌ای ۵ گرمی در وسط نمونه‌های ژل سوریمی نفوذ کرده و فاکتورهای تغییر شکل ( قابلیت ارتجاعی/ قابلیت تغییر شکل) بر حسب میلی‌متر و حداکثر نیروی شکست (قدرت ژل) بر حسب گرم اندازه‌گیری شدند (Santana *et al.*, 2013).

### قابلیت تا شدن ژل سوریمی

ژل‌های تولیدی از یخچال خارج و با ضخامت ۲/۵ میلی‌متر (۵ قطعه) برش زده شدند و قبل از ارزیابی برای رسیدن به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. آزمایش قابلیت تا شدن ژل به روش استاندارد ژاپنی انجام گرفت (Lanier *et al*, 2005). هر قطعه آماده شده بین انگشت شست و اشاره قرار داده شد و برای ارزیابی میزان شکستگی یا پارگی در اثر خم شدن، تا شده و مطابق زیر امتیازدهی شدند:

نمونه‌های ژل سوریمی در صورت دو بار تا شدن بدون هیچ‌گونه ترک یا شکستگی کیفیت AA با امتیاز ۵، یک بار تا شدن و بدون هیچ‌گونه ترک یا شکستگی کیفیت A با امتیاز ۴، شکسته شدن تدریجی ژل پس از تا شدن کیفیت B با امتیاز ۳، شکسته شدن ژل به دو قسمت موقع تا کردن کیفیت C با امتیاز ۲ و خرد شدن ژل با فشار انگشتان بدون تا کردن کیفیت D با امتیاز ۱.

### ارزیابی حسی ژل سوریمی

ارزیابی حسی نمونه‌ها پس از تولید، مطابق روش هدونیک ۵ نقطه‌ای، از بسیار مطلوب (۵) تا بسیار نامطلوب (۱) انجام پذیرفت. در طی این آزمون، صفات رنگ و ظاهر نمونه، بو و پذیرش کلی نمونه‌ها توسط ۱۲ نفر ارزیاب نیمه آموزش دیده (محدوده سنی بین ۲۰ تا ۴۵ سال)مورد ارزیابی قرار گرفتند (Watts *et al*, 1989).

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمایش‌ها در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شد. نتایج ابتدا در معرض تجزیه واریانس یکطرفه قرار گرفته و سپس برای مقایسه میانگین‌ها و بررسی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۹۵٪ استفاده گردید. هم‌چنین جهت مقایسه سوریمی و ژل سوریمی در یک درصد از آزمون Independent-Samples T-Test استفاده شد.

## نتایج و بحث

### میزان بازدهی سوریمی

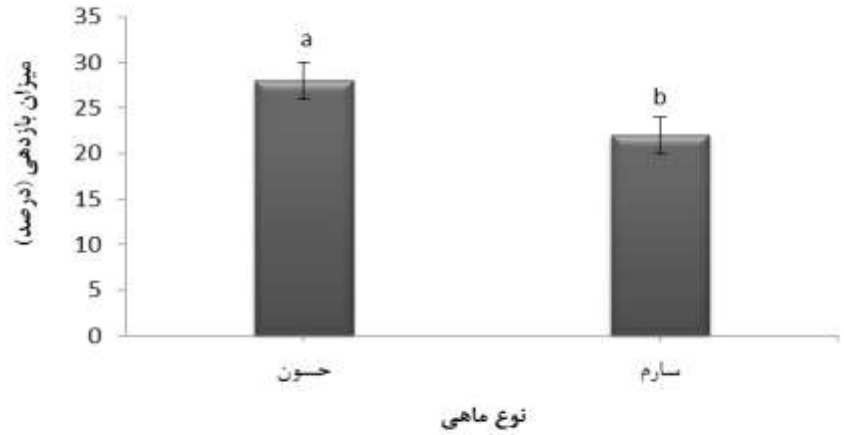
میزان بازدهی سوریمی حاصل از دو ماهی مورد مطالعه در شکل ۱، آورده شده است. همان‌طور که مشخص است، بازدهی ماهی حسون ۲۸ درصد و ماهی سارم ۲۲ درصد بدست آمد. عوامل مختلفی در میزان بازدهی سوریمی اثر دارند که از جمله می‌توان به نوع ماهی، اندازه و وزن ماهی، تعداد مراحل شستشو، نسبت آب مورد استفاده جهت شست و شو و میزان نمک مورد استفاده در آبکشی نهایی و غیره اشاره کرد (Hamzah *et al*., 2015; Rahmawati *et al*., 2018). به‌نظر می‌رسد اندازه بزرگتر ماهی حسون در بازدهی بیشتر آن نسبت به ماهی سارم موثر بوده است. Sarker و همکاران (۲۰۱۲)، میزان بازدهی ۱۸/۹۹٪ را برای ماهی تیلاپیا، ۱۸/۲۶٪ برای ماهی کپور و ۲۴٪ برای ماهی آلاسکاپولاک گزارش کردند. Çaglak (۲۰۱۸) بازده سوریمی را بین ۲۲-۳۲ درصد عنوان کرده است. همچنین در تحقیق Hosseini-Shekarabi و همکاران (۲۰۱۴) میزان بازدهی ۳۶/۵۶٪ را برای ماهی شوریده دهان سیاه بیان کردند. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق در محدوده گزارش شده با تحقیقات پیشین بوده است.

### ترکیب شیمیایی

نتایج حاصل از آنالیز ترکیب شیمیایی نمونه‌های سوریمی حاصل از دو گونه ماهی سارم و حسون در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده تفاوت معنی‌داری در مقادیر چربی، خاکستر و پروتئین تیمارها نسبت به نمونه شاهد مشاهده نشد ($p>0/05$). Hsu و Chiang (۲۰۰۲) بیان کردند که اضافه کردن صمغ‌ها تأثیر معنی‌داری بر ترکیب تقریبی محصول سوریمی آنها

۱ Firmness
۲ Cohesiveness
۳ Adhesiveness
۴ Springiness

ندارد. Hosseini-Shekarabi و همکاران (۲۰۱۴) ترکیب تقریبی سوریمی حاصل از ماهی شوریده دهان سیاه را ۱۴/۷۷٪ پروتئین، ۰/۹۴٪ لیپید، ۰/۵۸٪ خاکستر و ۷۹/۵۸٪ رطوبت گزارش کردند. Pietrowski و همکاران (۲۰۱۱) مقادیر ۷۹/۰۳٪ رطوبت، ۱۱/۳۱٪ پروتئین، ۰/۳۲٪ چربی و ۲/۵۷٪ خاکستر را برای سوریمی حاصل از ماهی آلاسکاپولاک به‌دست آوردند. از آنجا که صمغ کنجاک یک پلی‌ساکارید است بنابراین افزودن آن به فرمولاسیون سوریمی تاثیری بر میزان پروتئین، چربی و خاکستر نمونه‌ها نگذاشته است. از نظر مقدار رطوبت نمونه شاهد با تیمار ۰/۲۵ درصد کنجاک تفاوت معنی‌داری نداشته اما با افزایش سطح کنجاک، مقدار رطوبت نمونه‌های سوریمی هر دو گونه ماهی افزایش معنی‌داری داشت. به‌نظر می‌رسد هیدروکلوئید کنجاک موجب افزایش رطوبت در سوریمی شده است. Li و Nie (۲۰۱۵) اظهار داشتند که مولکول‌های هیدروکلوئیدها آب را باند کرده و از این جهت خصوصیات مواد غذایی را اصلاح می‌کنند. هیدروکلوئیدها با خاصیت آبدوستی خود، آب را جذب کرده و باعث افزایش رطوبت ماده غذایی می‌شوند (Milani and Maleki, 2012). Petcharat و Benjakul (۲۰۱۷)، در مطالعه خود بیان کردند افزودن صمغ ژلان به نمونه‌های سوریمی تهیه شده از *Priacanthus macracanthus* با جذب آب منجر به افزایش رطوبت نمونه‌ها می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین بررسی داده‌ها بر حسب نوع ماهی، نشان داد که میزان پروتئین سوریمی حاصل از ماهی حسون از سارم به‌طور معنی‌داری بیشتر بوده (p<۰/۰۵) اما از نظر میزان چربی، خاکستر و رطوبت تفاوت معنی‌داری بین سوریمی دو ماهی مشاهده نشد (p>۰/۰۵). مقادیر ترکیب شیمیایی در بدن ماهیان به گونه، نوع تغذیه، محیط زندگی، سن و جنس موجود زنده بستگی دارد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶). Rohani و همکاران (۱۹۹۵)، از سه گونه ماهی تیلاپیا سوریمی تهیه کرده و دریافتند که از نظر چربی و خاکستر اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها نبوده اما تیلاپیای قرمز آب شیرین (*Oreochromis* spp.) مقدار پروتئین بیشتری نسبت به دو نوع دیگر دارد. An و همکاران (۱۹۹۴) بیان داشتند که ترکیب شیمیایی سوریمی بسته به گونه ماهی متفاوت است.




**شکل ۱- میزان بازدهی (درصد) حاصل از تولید سوریمی از ماهیان سارم و حسون.**

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین دو نوع ماهی است.

**جدول ۱- میزان رطوبت (٪) و خاکستر (٪) نمونه‌های سوریمی**

| نوع ماهی / تیمار | حسون | | سارم | |
|---|---|---|---|---|
| | رطوبت | خاکستر | رطوبت | خاکستر |
| **شاهد** | ۷۹/۲۳±۰/۰۳$^{cA}$ | ۰/۴۵±۰/۰۲$^{aA}$ | ۸۱/۳۹±۰/۰۲$^{cA}$ | ۰/۵۱±۰/۰۱$^{aA}$ |
| **۰/۲۵ ٪ کنجاک** | ۷۹/۴۶±۰/۰۱$^{cA}$ | ۰/۴۴±۰/۰۱$^{aA}$ | ۸۱/۵۵±۰/۰۳$^{cA}$ | ۰/۵۲±۰/۰۲$^{aA}$ |
| **۰/۵ ٪ کنجاک** | ۸۱/۰۷±۰/۰۲$^{bA}$ | ۰/۴۳±۰/۰۴$^{aA}$ | ۸۳/۰۱±۰/۰۳$^{bA}$ | ۰/۵۰±۰/۰۱$^{aA}$ |
| **۰/۷۵ ٪ کنجاک** | ۸۲/۸۱±۰/۰۲$^{aA}$ | ۰/۴۲±۰/۰۱$^{aA}$ | ۸۴/۲۰±۰/۰۴$^{aA}$ | ۰/۵۱±۰/۰۴$^{aA}$ |

مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف در یک نوع ماهی است. حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین دو نوع ماهی است.

جدول ۲- میزان پروتئین (٪) و چربی (٪) نمونه‌های سوریمی

| نوع ماهی / تیمار | حسون | | سارم | |
|---|---|---|---|---|
| | پروتئین | چربی | پروتئین | چربی |
| شاهد | ۱۸/۰۶±۰/۰۴aA | ۰/۵۹±۰/۰۲aA | ۱۵/۱۹±۰/۰۴aB | ۰/۶۳±۰/۰۲aA |
| ۰/۲۵ ٪ کنجاک | ۱۸/۰۱±۰/۰۲aA | ۰/۵۸±۰/۰۱aA | ۱۵/۵۷±۰/۰۲aB | ۰/۶۵±۰/۰۴aA |
| ۰/۵ ٪ کنجاک | ۱۷/۴۵±۰/۰۵aA | ۰/۵۷±۰/۰۳aA | ۱۵/۸۶±۰/۰۷aB | ۰/۶۴±۰/۰۳aA |
| ۰/۷۵ ٪ کنجاک | ۱۷/۵۷±۰/۰۲aA | ۰/۵۷±۰/۰۱aA | ۱۵/۱۱±۰/۰۱aB | ۰/۶۴±۰/۰۱aA |

مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف در یک نوع ماهی است. حروف بزرگ متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین دو نوع ماهی است.

### تغییرات میزان ظرفیت نگهداری آب

ظرفیت نگهداری آب از جمله مهمترین پارامترهای سوریمی و محصولات سوریمی است که بیانگر توانایی پروتئین سوریمی در نگهداری آب می‌باشد (Chen *et al.*, 2020). مطابق جدول ۳، بیشترین میزان ظرفیت نگهداری آب مربوط به نمونه ژل سوریمی ماهی حسون حاوی ۰/۷۵ درصد کنجاک با مقدار ۹۴/۱۱±۰/۱۲ بود و کمترین میزان در نمونه شاهد سوریمی ماهی سارم با مقدار ۴۵/۲۹±۰/۰۹ مشاهده شد.

جدول ۳- تاثیر افزودن صمغ کنجاک بر میزان ظرفیت نگهداری آب (٪) نمونه‌های سوریمی و ژل سوریمی

| نوع ماهی / تیمار | سوریمی | | ژل سوریمی | |
|---|---|---|---|---|
| | حسون | سارم | حسون | سارم |
| شاهد | ۵۱/۳۳±۰/۱۲dC | ۴۵/۲۹±۰/۰۹dD | ۸۲/۴۵±۰/۱۱dA | ۷۱/۸۲±۰/۱۰dB |
| ۰/۲۵ ٪ کنجاک | ۵۹/۴۲±۰/۱۰cC | ۵۰/۰۴±۰/۱۱cD | ۸۵/۷۷±۰/۰۹cA | ۷۷/۰۰±۰/۰۹cB |
| ۰/۵ ٪ کنجاک | ۶۸/۲۳±۰/۰۹bC | ۵۹/۹۲±۰/۱۰bD | ۹۰/۲۸±۰/۰۹bA | ۸۴/۱۱±۰/۱۱bB |
| ۰/۷۵ ٪ کنجاک | ۷۴/۰۰±۰/۰۹aC | ۶۸/۷۱±۰/۰۸aD | ۹۴/۱۱±۰/۱۲aA | ۸۶/۷۵±۰/۰۷aB |

مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف است. حروف بزرگ متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین دو نوع ماهی است.

با افزایش سطح کنجاک، میزان ظرفیت نگهداری آب نمونه‌های سوریمی و ژل سوریمی هر دوگونه ماهی افزایش معنی‌داری داشت (p< ۰/۰۵). بررسی داده‌ها بر حسب نوع ماهی، نشان داد که در غلظت‌های یکسان کنجاک، میزان ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها دارای تفاوت معنی‌دار است (p< ۰/۰۵)، به‌طوری که در تمام غلظت-های یکسان کنجاک، ژل ماهی حسون بیشترین میزان ظرفیت نگهداری آب و سوریمی ماهی سارم دارای کمترین میزان ظرفیت نگهداری آب بود (p< ۰/۰۵). ظرفیت نگهداری آب سوریمی مربوط به پروتئین‌های میوفیبریل است. اثر متقابل پروتئین و آب بر ماهیت بافت، آبداری، تردی، رنگ و طعم سوریمی تأثیرگذار می‌باشد (Ingadottir & Kristinson, 2010). در سوریمی پروتئین‌های میوفیبریل از طریق پیوند با آب، آب را جذب می‌کنند. زمانی که سوریمی تحت فرایند حرارتی قرار می‌گیرد پروتئین‌ها دناتوره شده و تشکیل شبکه‌ای می‌دهند که می‌توانند آب را در خود نگه دارند. مشخص شده است که افزودن هیدروکلوئیدها به طور معنی‌داری ظرفیت نگهداری آب سوریمی را افزایش می‌دهند. توانایی صمغ‌ها در اتصال به مولکول‌های آب و تداخل با پروتئین‌ها و در نتیجه پایداری شبکه پروتئین‌ها می‌تواند از حرکت آزادانه آب جلوگیری کرده و منجر به افزایش WHC گردد. هیدراته شدن یا جذب آب، از خواص مهم صمغ‌ها می‌باشد (Ramirez *et al.*, 2011). Chen و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که افزودن هیدروکلوئیدهای کردلان و کاراگینان به سوریمی تهیه شده از ماهی کپور نقره‌ای ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهند. در اثر افزودن هیدروکلوئیدها ساختار شبکه قوی‌تری بین پروتئین سوریمی و هیدروکلوئیدها ایجاد شده که می‌توانند آب را بهتر در خود نگه دارند. اما در مقابل، بیان کردند که صمغ زانتان بر ظرفیت نگهداری آب سوریمی تاثیر منفی داشته چرا

که وزن مولکولی بالای این صمغ مانع از تشکیل ساختار شبکه ژل سوریمی می‌شود. تاثیر صمغ کنجاک گلوکومانان در بهبود خصوصیات تشکیل ژل و افزایش WHC در سوریمی با کیفیت پایین ثابت شده است (Liu *et al*., 2013). به‌طور مشابه، Petcharat و Benjakul (۲۰۱۷)، نشان دادند که به‌کار بردن صمغ ژلان در تولید سوریمی از طریق ایجاد شبکه قوی‌تر و نگه داشتن آب بیشتر در شبکه ژل، منجر به افزایش WHC می‌شود. همچنین تاثیر افزودن صمغ کنجاک و CMC (کربوکسی متیل سلولز) در افزایش WHC فرآورده‌های ماهی بازسازی شده ثابت شده است (Andrés-Bello *et al*., 2012). از خصوصیات مهم صمغ کنجاک این است که این صمغ در آب در دمای معمولی قابلیت جذب خوب آب را دارد (Yang *et al*., 2017) که در تحقیق حاضر مشهود بود. به‌علاوه مشخص شده است که ظرفیت نگهداری آب رابطه مستقیمی با مقدار پروتئین میوفیبریل دارد (Smith, 1991). Phu و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که خواص کاربردی سوریمی از قبیل ظرفیت نگهداری آب تحت تاثیر عوامل مختلفی از قبیل گونه ماهی، غلظت پروتئین، دما و ... قرار می‌گیرد. بنابراین تفاوت در میزان نگهداری آب در دو گونه ماهی مربوط به تفاوت در میزان پروتئین آن‌هاست. وجود پروتئین بیشتر، ظرفیت نگهداری آب را بالاتر می‌برد که در پژوهش حاضر میزان بالای پروتئین ماهی حسون ظرفیت نگهداری آب بالاتری را نشان داد.

### تغییرات رنگ سوریمی و ژل سوریمی

نتایج ارزیابی شاخص‌های رنگی سوریمی و ژل سوریمی تیمارشده با درصدهای مختلف صمغ کنجاک در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. با افزودن کنجاک میزان روشنایی سوریمی و ژل سوریمی هر دو نوع ماهی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (p< ۰/۰۵). Savadkoohi و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی نشان دادند که با افزایش محتوای آب در نمونه‌ها میزان روشنایی کاهش می‌یابد. بنابراین با افزایش غلظت کنجاک در سطح ۰/۷۵ درصد میزان آب نمونه‌ها افزایش و میزان روشنایی کاهش یافت. همچنین میزان روشنایی ژل سوریمی نسبت به سوریمی در هر دو نوع ماهی به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است که به دلیل دناتوره شدن پروتئین‌ها در اثر فرایند حرارتی می‌باشد (Fogaca *et al*., 2013). میزان روشنایی سوریمی و ژل سوریمی ماهی حسون بیشتر از ماهی سارم به‌دست آمد (p< ۰/۰۵). به‌نظر می‌رسد دلیل این امر وجود رنگدانه‌های بیشتر در گوشت ماهی سارم است. رنگدانه میوگلوبین مهم‌ترین ترکیب در ماهیان با رنگ گوشت تیره می‌باشد. مشخص شده است که در شستشوی اول مقدار زیادی از این رنگدانه خارج می‌شود اما در شستشوی بعدی تنها مقدار اندکی از آن خارج می‌گردد. Chaijan و همکاران (۲۰۰۴) از ماهی ساردین (*Sardinella gibbosa*) که گوشت تیره‌ای دارد سوریمی تهیه کردند و گزارش کردند که جهت تولید سوریمی از ماهیان با گوشت تیره عوامل مختلفی بر رنگ سوریمی تاثیر گذارند. آن‌ها تعداد دفعات شستشو، زمان شستشو، نسبت آب مورد استفاده جهت شستشو، میزان نمک مورد استفاده به هنگام شستشو از عمده عوامل موثر بر میزان خارج شدن میوگلوبین و رنگ نهایی سوریمی را بیان کردند. بنابراین جهت رسیدن به سوریمی با رنگ بهتر از ماهی سارم، افزایش تعداد دفعات شستشو، زمان شستشو و افزایش غلظت نمک مورد استفاده پیشنهاد می‌شود. در سوریمی و ژل سوریمی حاصل از ماهی حسون اختلاف معنی‌داری در قرمزی تیمارها مشاهده نشد (p>۰/۰۵). نمونه کنترل و غلظت ۰/۲۵ درصد کنجاک در سوریمی ماهی سارم نسبت به بقیه تیمارها قرمزی بیشتری نشان داد اما در ژل حاصل، قرمزی بین تیمارها معنی‌دار نبود. به‌نظر می‌رسد افزایش کنجاک منجر به پوشش قرمزی نمونه‌ها شده است. در کل قرمزی ژل سوریمی از سوریمی حاصل از هر دو نوع ماهی به‌طور معنی‌داری کمتر بود (p<۰/۰۵). رنگدانه‌های درونی به‌طور طبیعی در گونه‌هایی با ماهیچه تیره بیشترین تاثیر را دارند. افزودن کنجاک در ماهیان با گوشت تیره، سبب احاطه شدن رنگدانه‌های تیره توسط کنجاک شده و سبب کاهش قرمزی می‌گردد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۶). این نتایج با مطالعه Rohani و همکاران (۱۹۹۵) و Jung و Yoo (۲۰۰۵) مطابقت داشت. فاکتور (b*) که تمایل به زردی نمونه‌ها را نشان می‌دهد با توجه به جدول‌های ۴ و ۵، بین تیمارها در ماهی حسون اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (p>۰/۰۵). از آنجا که کنجاک رنگی سفید دارد لذا افزودن آن تاثیری بر فاکتور زردی نمونه‌ها نگذاشته است. نمونه شاهد و تیمار ۰/۲۵ درصد سوریمی ماهی سارم میزان زردی بیشتری را نسبت به ماهی حسون نشان دادند که احتمالا به دلیل حضور رنگدانه‌های بیشتر و خارج نشده در ماهی سارم می‌باشد. اما در ژل تولیدی حاصل، میزان زردی کاهش یافت که نشان می‌دهد تشکیل ساختار ژلی توسط کنجاک و پیوند با پروتئین رنگدانه زردی را احاطه کرده و زردی نمونه را پوشش می‌دهد. Chen و همکاران (۲۰۲۰) عنوان کردند که با افزایش ژلاتین میزان روشنایی ژل‌های سوریمی نسبت به نمونه شاهد کاهش می‌یابد اما افزودن صمغ زانتان تاثیری بر روشنایی و سفیدی نمونه‌ها نداشته است. تفاوت در رنگ، با نوع ماهیچه ماهی و نوع صمغ افزوده شده مرتبط است ( Montero *et al*., 2000). Zhang و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند ژلاتینه شدن، تورم نشاسته و تشکیل ژل منجر به کاهش زردی نمونه‌های سوریمی حاوی نشاسته می‌شود. همچنین، Eom و همکاران (۲۰۱۳)، گزارش کردند در اثر تورم گرانول‌های صمغ کاراگینان و انبساط آن‌ها، ژل سوریمی مات‌تر شده و کاهش روشنایی را سبب می‌شود. مطابق با نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، hua و Chang-hu (۲۰۰۹) کاهش روشنایی سوریمی را با افزایش صمغ کنجاک مشاهده کردند.

جدول ٤- تاثیر افزودن صمغ کنجاک بر تغییرات رنگ سنجی نمونه‌های سوریمی دو نوع ماهی سارم و حسون

| نوع ماهی | درصد کنجاک | فاکتور روشنایی(L*) | فاکتور سبزی-قرمزی(a*) | فاکتور آبی-زردی(b*) |
|---|---|---|---|---|
| حسون | ۰ ٪ (شاهد) | ۹۱/۰۰±۱/۷۳aA | ۲/۶۷±۰/۵۷aB | ۸/۰۰±۱/۷۳aB |
| | ٪ ۰/۲۵ | ۸۷/۰۰±۱/۶۴bA | ۲/۳۳±۱/۱۵aB | ۸/۲۷±۱/۵۲aB |
| | ٪ ۰/۵ | ۸۳/۶۷±۰/۸۷cA | ۲/۱۳±۱/۱۵aA | ۸/۰۰±۱/۰۰aA |
| | ٪ ۰/۷۵ | ۷۹/۰۰±۱/۲۴dA | ۲/۳۰±۲/۰۰aA | ۷/۹۰±۱/۲۰aA |
| سارم | ۰ ٪ (شاهد) | ۸۱/۶۷±۱/۱۴aB | ۴/۰۰±۱/۶۰aA | ۱۱/۳۳±۱/۵۲aA |
| | ٪ ۰/۲۵ | ۷۷/۶۷±۱/۵۲bB | ۳/۶۷±۰/۵۷aA | ۱۰/۲۷±۱/۳۱bA |
| | ٪ ۰/۵ | ۷۲/۳۳±۲/۰۸cB | ۲/۳۳±۰/۵۰bA | ۹/۱۷±۰/۹۷cA |
| | ٪ ۰/۷۵ | ۶۸/۳۳±۱/۵۱dB | ۲/۴۰±۱/۰۸bA | ۹/۲۱±۱/۰۰cA |

مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$) بین تیمارهای مختلف در یک ماهی است. حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$) بین دو نوع ماهی در تیمار یکسان است.

جدول ۵- تاثیر افزودن صمغ کنجاک بر تغییرات رنگ سنجی نمونه‌های ژل سوریمی دو نوع ماهی سارم و حسون

| نوع ماهی | درصد کنجاک | فاکتور روشنایی(L*) | فاکتور سبزی-قرمزی(a*) | فاکتور آبی-زردی(b*) |
|---|---|---|---|---|
| حسون | ۰ ٪ (شاهد) | ۹۵/۱۷±۱/۰۲aA | ۱/۳۳±۰/۵۷aB | ۸/۱۵±۱/۰۴aB |
| | ٪ ۰/۲۵ | ۹۲/۰۸±۱/۳۱bA | ۱/۲۷±۱/۱۵aA | ۸/۱۷±۱/۱۰aA |
| | ٪ ۰/۵ | ۸۷/۶۷±۱/۲۷cA | ۱/۲۷±۱/۱۰aA | ۸/۰۳±۱/۰۰aA |
| | ٪ ۰/۷۵ | ۸۴/۱۰±۰/۹۴dA | ۱/۲۲±۱/۱۱aA | ۸/۱۰±۱/۱۰aA |
| سارم | ۰ ٪ (شاهد) | ۸۹/۲۸±۱/۳۴aB | ۲/۳۳±۱/۵۲aA | ۹/۱۵±۱/۰۴aA |
| | ٪ ۰/۲۵ | ۸۴/۲۷±۱/۵۱bB | ۱/۲۵±۰/۰۲bA | ۸/۰۹±۱/۱۱bA |
| | ٪ ۰/۵ | ۸۰/۱۱±۱/۰۴cB | ۱/۳۰±۱/۱۵bA | ۸/۱۱±۱/۲۰bA |
| | ٪ ۰/۷۵ | ۷۶/۱۷±۱/۲۳dB | ۱/۳۱±۱/۱۲bA | ۸/۱۷±۱/۰۶bA |

مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$) بین تیمارهای مختلف است. حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$) بین دو نوع ماهی در تیمار یکسان است.

### تغییرات بافت ژل سوریمی

اثرات افزودن غلظت‌های مختلف هیدروکلوئید کنجاک بر پارامترهای ساختار بافت نمونه‌های ژل سوریمی حاصل از دو ماهی سارم و حسون، در جدول‌های ۶ و ۷ آورده شده است. نتایج میانگین داده‌های این آزمون نشان داد که مقادیر مربوط به بافت (سفتی، چسبندگی، پیوستگی، فنریت و قابلیت جویدن) در نمونه‌های ژل سوریمی با افزایش مقادیر کنجاک افزایش معنی‌داری داشته است ($p<0/05$). افزایش سفتی تمام نمونه‌ها به تناسب افزایش کنجاک، نشان می‌دهد افزودن این هیدروکلوئید موجب افزایش سفتی بافت شده است ($p<0/05$). به هنگام فرآیند قوام‌یابی در دمای ۲۵°C، شبکه پروتئینی تشکیل می‌شود که این شبکه از طریق ایجاد پیوندهای ضعیف مانند پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های پروتئین شکل می‌گیرد. اما به هنگام پخت در دمای ۹۰°C دناتوره شدن زنجیره سنگین میوزین و اکتومیوزین رخ می‌دهد. پروتئین‌های واسرشته تمایل به تجمع از طریق گروه‌های واکنشی داشته که در نهایت با تشکیل پیوندهای هیدروفوب-هیدروفوب و پیوندهای دی‌سولفیدی، شبکه ژل مستحکم و برگشت‌ناپذیر ایجاد می‌شود (Buamard & Benjakul, 2015). افزودن صمغ کنجاک به‌عنوان یک پرکننده در ماتریس ژل سوریمی در پیوندهای پروتئین سوریمی نقش ایفا کرده و سبب انسجام بیشتر شبکه پروتئینی ژل سوریمی می‌شود. Montero و Pérez-Mateos (۲۰۰۲) دریافتند که ژل‌های ماهی حاوی هیدروکلوئیدهایی از جمله آلژینات سفتی بیشتری نسبت به نمونه بدون هیدروکلوئید دارند. نتایج حاضر با یافته‌های Santana و همکاران (۲۰۱۳) نیز مطابقت دارد. در ارتباط با چسبندگی نمونه‌ها، می‌توان گفت که با توجه به این که نیروی چسبندگی، نیروی لازم جهت غلبه بر نیروی جاذبه سطحی بین ذرات است، لذا هرچه ساختار

ژلی و شبکه پروتئینی نمونه‌ها از سفتی بیشتری برخوردار باشد، نیروی چسبندگی نیز بیشتر خواهد بود که نتایج حاصل از آزمایش سفتی بافت نیز آن را تأیید می‌کند (Jiménez-Colmenero *et al.*, 2010). به میزان توانایی نمونه در برابر نیرو قبل از پاره شدن و تغییرشکل، پیوستگی می‌گویند که فاکتور بدون واحد است (Kumar and Mishra, 2004). با توجه به نتایج به‌دست آمده مطابق جدول ۶، با افزایش درصد کنجاک پیوستگی نمونه‌های ژل سوریمی هر دو نوع ماهی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد صمغ به‌کار رفته با پروتئین‌های موجود در محصول اتصالات قوی ایجاد کرده که مانع از پارگی و تغییر شکل محصول شده‌اند. خسرونژاد (۱۳۹۳)، به بررسی اثر افزودن هیدروکلوئیدها بر ویژگی‌های کیفی برگر گیاهی طی ماندگاری پرداخت که بیشترین میزان پیوستگی مربوط به نمونه حاوی ۰/۱۵ درصد کاپاکاراگینان و کمترین میزان پیوستگی مربوط به نمونه شاهد بود، البته نمونه‌های حاوی آلژینات سدیم نیز به‌طور معنی‌داری پیوستگی نمونه‌های سویا برگر را نسبت به نمونه شاهد افزایش دادند. Jiménez-Colmenero و همکاران نیز (۲۰۱۰) عنوان کردند که افزودن کنجاک به نمونه‌های سوسیس فرانکفورتر کم‌چرب منجر به بهبود پیوستگی نسبت به نمونه شاهد می‌شود. نتایج حاصل از آزمون فنریت نشان داد با افزایش مقدار کنجاک این فاکتور نیز زیاد می شود. تحقیقات گذشته نشان داده اند که صمغ کنجاک با قابلیت جذب آب و تولید ژل مقاوم به حرارت، یک ماتریکس ژلی ویسکوالاستیک تولید کرده که پارامترهای آزمون TPA از جمله فنریت را بهبود می‌بخشد (Chin *et al.*, 1998).

**جدول ٦- تاثیر افزودن صمغ کنجاک بر تغییرات بافت (سفتی، چسبندگی و پیوستگی) نمونه‌های ژل سوریمی دو نوع ماهی سارم و حسون**

| تیمارها | سفتی (کیلوگرم) | | چسبندگی (میلی ژول) | | پیوستگی | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | حسون | سارم | حسون | سارم | حسون | سارم |
| **شاهد** | ۷/۸۹±۰/۰۵$^{dA}$ | ۶/۲۴±۰/۰۴$^{dB}$ | ۱/۷۵±۰/۰۵$^{dA}$ | ۱/۵۵±۰/۰۵$^{dB}$ | ۰/۶۱±۰/۰۱$^{dA}$ | ۰/۵۵±۰/۰۳$^{dB}$ |
| **۰/۲۵٪ کنجاک** | ۸/۰۴±۰/۰۴$^{cA}$ | ۷/۶۶±۰/۰۴$^{cC}$ | ۱/۸۸±۰/۰۲$^{cA}$ | ۱/۷۱±۰/۰۲$^{cB}$ | ۰/۶۸±۰/۰۱$^{cA}$ | ۰/۶۰±۰/۰۲$^{cB}$ |
| **۰/۵٪ کنجاک** | ۸/۶۰±۰/۰۵$^{bA}$ | ۸/۱۰±۰/۰۵$^{bB}$ | ۲/۳۸±۰/۰۲$^{bA}$ | ۱/۸۹±۰/۰۱$^{bB}$ | ۰/۷۴±۰/۰۲$^{bA}$ | ۰/۶۴±۰/۰۲$^{bB}$ |
| **۰/۷۵٪ کنجاک** | ۸/۹۱±۰/۰۲$^{aA}$ | ۸/۳۲±۰/۰۲$^{aB}$ | ۲/۵۱±۰/۰۲$^{aA}$ | ۲/۱۱±۰/۰۳$^{aB}$ | ۰/۷۹±۰/۰۲$^{aA}$ | ۰/۷۲±۰/۰۲$^{aB}$ |

مقادیر بر اساس میانگین± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف است. حروف بزرگ متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین دو نوع ماهی در همان تیمار است.

**جدول ۷- تاثیر افزودن صمغ کنجاک بر تغییرات بافت (فنریت و قابلیت جویدن) نمونه‌های ژل سوریمی دو نوع ماهی سارم و حسون**

| تیمارها | فنریت(میلی‌متر) | | قابلیت جویدن(گرم میلی‌متر) | |
|---|---|---|---|---|
| | حسون | سارم | حسون | سارم |
| **شاهد** | ۰/۹۸±۰/۰۲$^{dA}$ | ۰/۹۰±۰/۰۲$^{dB}$ | ۱/۹۱±۰/۰۳$^{dA}$ | ۱/۸۷±۰/۰۳$^{dB}$ |
| **۰/۲۵٪ کنجاک** | ۱/۱۲±۰/۰۲$^{cA}$ | ۱/۰۳±۰/۰۲$^{cB}$ | ۲/۰۴±۰/۰۲$^{cA}$ | ۱/۹۹±۰/۰۱$^{cB}$ |
| **۰/۵٪ کنجاک** | ۱/۳۵±۰/۰۳$^{bA}$ | ۱/۱۸±۰/۰۲$^{bB}$ | ۲/۴۷±۰/۰۳$^{bA}$ | ۲/۰۹±۰/۰۳$^{bB}$ |
| **۰/۷۵٪ کنجاک** | ۱/۶۳±۰/۰۲$^{aA}$ | ۱/۲۹±۰/۰۱$^{aB}$ | ۲/۸۳±۰/۰۲$^{aA}$ | ۲/۳۱±۰/۰۲$^{aB}$ |

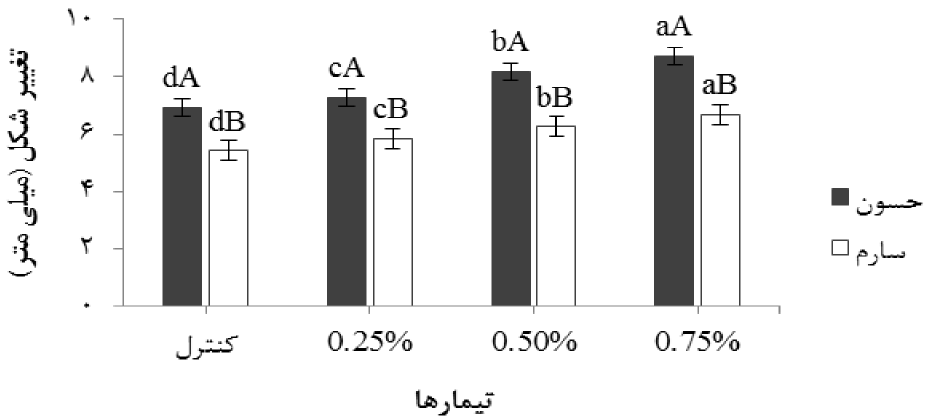
مقادیر بر اساس میانگین± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف است. حروف بزرگ متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین دو نوع ماهی در همان تیمار است.

با توجه به آنالیز داده‌های مربوط به فاکتور جویدن که در جدول ۸ آمده است، نمونه‌های حاوی صمغ کنجاک نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار داشته (p<۰/۰۵) و با افزایش میزان صمغ کنجاک این قابلیت نیز افزایش می‌یابد. پارامتر قابلیت جویدن مضربی از چسبندگی و ارتجاعیت است. افزایش میزان قابلیت جویدن با افزایش میزان چسبندگی نمونه‌ها ارتباط دارد. حضور صمغ‌ها در محصول به دلیل ایجاد اتصالات با پروتئین‌های موجود، ماتریکس با دانسیته بیشتر تشکیل داده و سبب افزایش نیروی برشی در فرآورده‌ها می‌شود (Muthia *et al.*, 2010). حسینی شکرابی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف منجر به افزایش قابلیت جویدن ژل سوریمی حاصل از ماهی شوریده دهان سیاه نسبت به نمونه شاهد می‌شود. همچنین مشخص شد مقادیر پارامترهای بافتی مربوط به ژل سوریمی ماهی حسون بیشتر از ماهی سارم می‌باشد (p<۰/۰۵). سفتی بافت به شدت تحت تأثیر غلظت پروتئین در محصولات فرآوری شده بر پایه گوشت است. از آنجا که سوریمی پروتئین تغلیظ شده میوفیبریل از گوشت ماهی می‌باشد لذا تفاوت

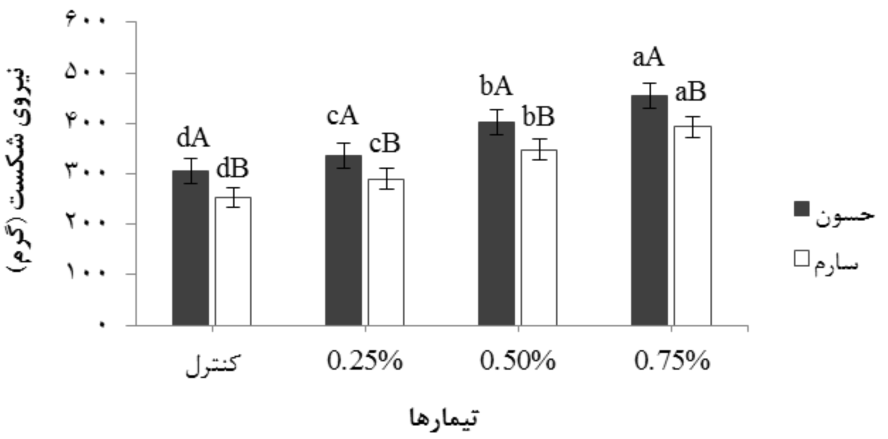
ویژگی‌های بافتی ژل سوریمی ماهی سارم نسبت به ماهی حسون به دلیل تفاوت در غلظت پروتئین‌های میوفیبریلی موجود در ماهی سارم می‌باشد. پایین بودن راندمان و میزان پروتئین ماهی سارم مبین این ویژگی است. park (۲۰۱۴) فرایند شست و شو و افزایش کمی و کیفی پروتئین‌های نامحلول در سوریمی را از جمله عوامل موثر بر بهبود کیفیت سوریمی عنوان کرد

### آزمون نفوذ

آزمون نفوذ به‌منظور بررسی فاکتورهای حداکثر نیروی شکست (قدرت ژل) بر حسب گرم و تغییر شکل (قابلیت ارتجاعی/ قابلیت تغییر شکل) بر حسب میلی‌متر تعیین شد. میزان عمقی که پروب دستگاه به نمونه‌ها نفوذ می‌کند تا جایی که نمونه شروع به تغییر شکل دهد عمق نفوذ می‌باشد. شکل ۲، تاثیر افزودن کنجاک بر میزان عمق نفوذ نمونه‌های ژل سوریمی را نشان می‌دهد. مطابق شکل، بیشترین میزان نفوذ مربوط به نمونه ژل سوریمی ماهی حسون حاوی ۰/۷۵درصد کنجاک با مقدار ۰/۱۲±۸/۷۴ میلی‌متر و کمترین میزان نفوذ در نمونه شاهد سارم با مقدار ۰/۱۸±۵/۴۱ میلی‌متر مشاهده شد. با افزایش سطح کنجاک، مقدار نفوذ در نمونه‌های ژل هر دو ماهی مورد بررسی، افزایش معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵). بررسی داده‌ها بر حسب نوع ماهی، نشان داد که در غلظت‌های مشابه کنجاک، میزان نفوذ دارای تفاوت معنی‌دار است (p<۰/۰۵). به‌طوری که در تمام غلظت‌های کنجاک، ژل ماهی حسون بیشترین میزان نفوذ را نسبت به ژل ماهی سارم داشت ( p<۰/۰۵). همچنین در این آزمون مقدار نیروی لازم برای تغییر شکل نمونه پس از ورود پروب اندازه‌گیری شد. مطابق شکل ۳، بیشترین نیروی نفوذ مربوط به نمونه ژل سوریمی ماهی حسون حاوی ۰/۷۵درصد کنجاک با مقدار ۲/۳۴±۴۵۵/۵۴ گرم و کمترین نیرو در نمونه شاهد ماهی سارم با مقدار ۱/۸۷±۲۵۳/۶۲ گرم مشاهده شد. با افزایش سطح کنجاک، نیروی شکست برای هر دو نوع ماهی مورد بررسی، افزایش معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵). بررسی داده‌ها بر حسب نوع ماهی، نشان داد که در غلظت‌های مشابه کنجاک، نیروی شکست ژل ماهی حسون بیشتر از ماهی سارم است. در این آزمون قدرت ژل حاصله مورد بررسی قرار گرفت. تشکیل ژل هم به مقدار پروتئین و هم به خصوصیات عملکردی پروتئین در تشکیل ژل مربوط می‌باشد. در این آزمون مشخص شد با اضافه کردن کنجاک، ژل مستحکم‌تری بدست آمده که منجر به افزایش نیروی شکست و میزان تغییر شکل نسبت به نمونه شاهد شد. استحکام ژل به میزان هیدروکلوئید، فرایند شست و شو و تهیه سوریمی، میزان پروتئین‌های نامحلول در سوریمی و نوع ماهی بستگی دارد (Ding *et al*.2011). ژل ضعیف‌تر حاصل از ماهی سارم نسبت به ماهی حسون را می‌توان به نوع ماهی و مقدار کمتر پروتئین نسبت داد. Hai-hua و Chang-hu (۲۰۰۹) تاثیر هیدروکلوئیدهای مختلف را بر ویژگی‌های ژل سوریمی بررسی کردند و عنوان کردند که نوع هیدروکلوئید و مقدار افزودن آن بر ژل سوریمی تاثیرگذار است. کاراگینان و آگار به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش نیروی شکست شده و با افزایش غلظت آن‌ها نیز این فاکتور افزایش پیدا می‌کند. Chen و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که در ایجاد شبکه ژلی پیوندهای هیدروفوب مهم‌ترین عامل می‌باشند و افزودن صمغ‌هایی مانند کردلان، ژلاتین و کاپاکاراگینان منجر به افزایش پیوندهای هیدروفوب پروتئین–هیدروکلوئید شده و در نتیجه قدرت ژل و استحکام آن افزایش می‌یابد. حرارت دادن باعث دناتوره شدن پروتئین‌های میوفیبریلی و ظاهر شدن گروه‌های هیدورفوب میوزین شده که برای تجمع و پیوندهای عرضی بین پروتئین‌ها مفید است (Zhou *et al*., 2017).



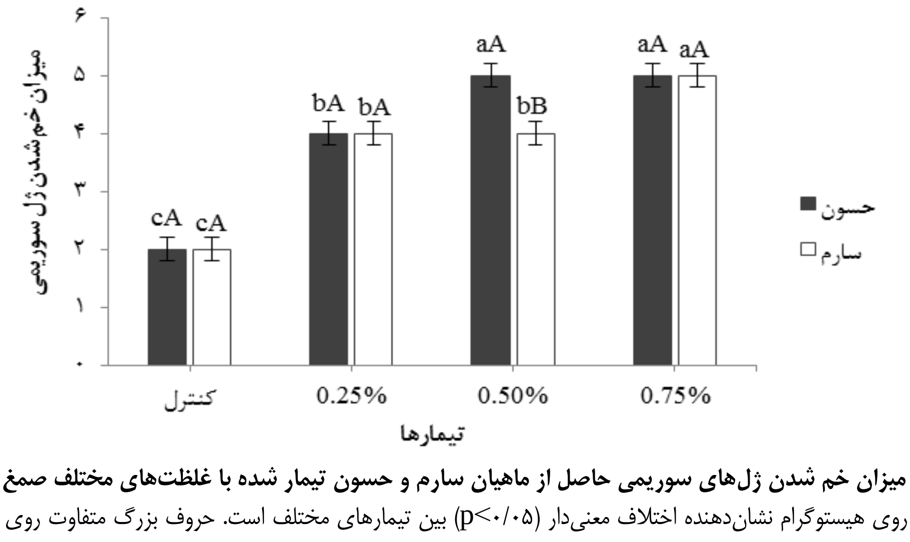

**شکل ۲- تغییر شکل (میلی‌متر) ژل‌های سوریمی حاصل از ماهیان سارم و حسون تیمار شده با غلظت‌های مختلف صمغ کنجاک.**
حروف کوچک متفاوت روی هیستوگرام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف است. حروف بزرگ متفاوت روی هیستوگرام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین دو نوع ماهی است.




**شکل ۳- نیروی شکست (گرم) ژل‌های سوریمی حاصل از ماهیان سارم و حسون تیمار شده با غلظت‌های مختلف صمغ کنجاک.**
حروف کوچک متفاوت روی هیستوگرام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف است. حروف بزرگ متفاوت روی هیستوگرام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین دو نوع ماهی است.

**تغییرات میزان خم شدن ژل سوریمی**

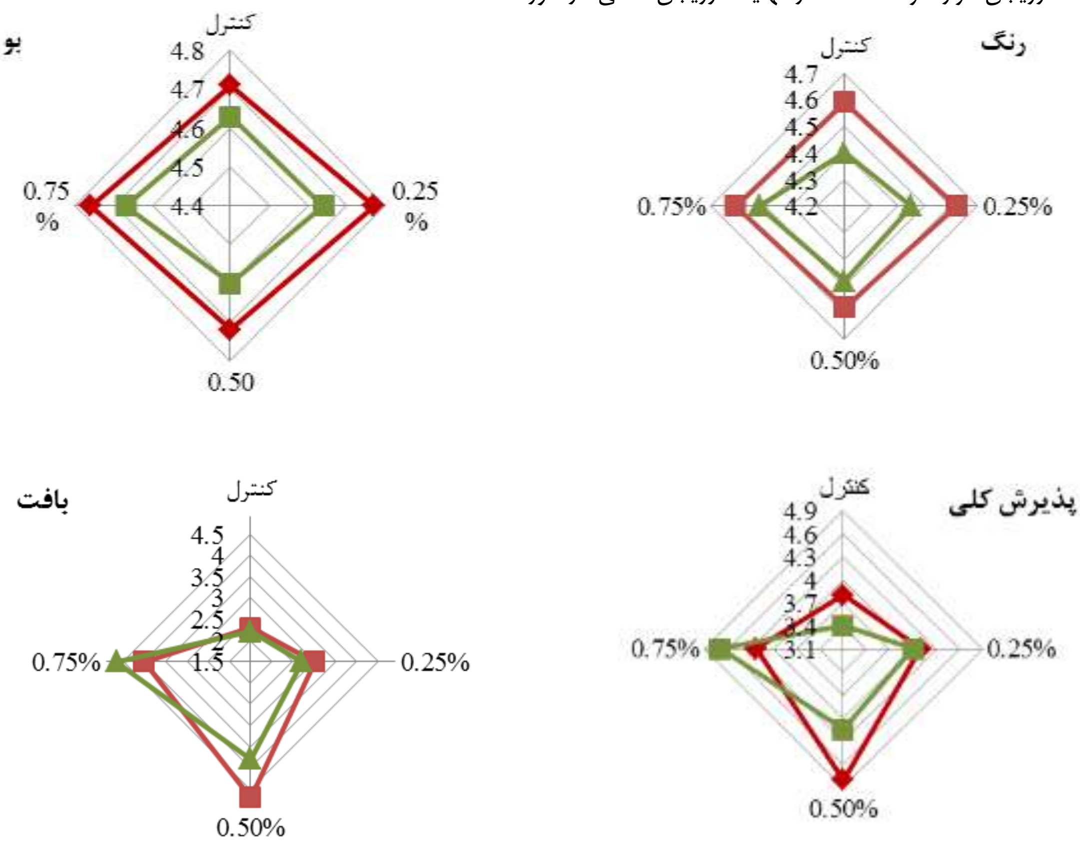
توانایی سوریمی جهت تشکیل ژل مستحکم و الاستیک با آزمون قابلیت تا شدن مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۴). نمونه شاهد هر دو نوع ماهی کمترین امتیاز را کسب کرد. اما با افزایش درصد کنجاک این قابلیت بهتر شده و نمونه‌ها امتیاز بالاتری بدست آوردند. در غلظت ۰/۵٪ کنجاک، امتیاز نمونه ژل حاصل از ماهی حسون AA (۵) بود اما ژل ماهی سارم امتیاز A (۴) را کسب کرد. با افزایش غلظت کنجاک به ۰/۷۵٪ ژل حاصل از هر دو نوع ماهی امتیاز AA (۵) را به‌دست آوردند که نشان می‌دهد افزودن صمغ کنجاک منجر به بهبود خصوصیات ژل ماهی سارم شده است. آزمون قابلیت تا شدن، روشی مناسب جهت جدا کردن سوریمی با کیفیت بالا از سوریمی با کیفیت پایین است. اگر چه مقدار پروتئین تنها عاملی نیست که توانایی تشکیل ژل سوریمی را تعیین می‌کند. هم مقدار پروتئین و هم کیفیت عملکرد پروتئین‌ها بر خصوصیات بافت ژل‌های سوریمی تأثیر می‌گذارد (Rohani *et al*., 1995). Santana و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند در نمونه‌های سوسیس ماهی فرموله شده با پودر سوریمی که هیدروکلوئیدهایی مانند کنجاک و آلژینات به آن‌ها اضافه شده بود، امتیاز نمونه‌های تولیدی در آزمون تا شدن، ۵ به‌دست آمد. در مطالعه Sa´nchez-Alonso و همکاران (۲۰۰۷)، با افزودن فیبر گندم به سوریمی ماهی مرکب نمونه‌ها بیشترین امتیاز قابلیت تا شدن را کسب کردند.




**شکل ٤- میزان خم شدن ژل‌های سوریمی حاصل از ماهیان سارم و حسون تیمار شده با غلظت‌های مختلف صمغ کنجاک.**
حروف کوچک متفاوت روی هیستوگرام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف است. حروف بزرگ متفاوت روی هیستوگرام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین دو نوع ماهی است.

**ارزیابی حسی ژل سوریمی**

نتایج ارزیابی حسی ژل‌های سوریمی حاصل از دو ماهی سارم و حسون دارای درصدهای مختلف کنجاک در شکل ۵ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده با افزایش سطوح کنجاک اختلاف معنی‌داری در هیچ یک از شاخص‌های بو و رنگ نسبت به نمونه شاهد مشاهده نشد (p>۰/۰۵). ارزیابی‌های حسی نشان داد که نمونه‌ها از لحاظ بافتی با هم متفاوت بوده و افراد ارزیاب در مورد ژل سوریمی حاصل از ماهی حسون بیشترین امتیاز را به نمونه ۰/۵٪ و در مورد ماهی سارم به نمونه ۰/۷۵٪ کنجاک اختصاص دادند (p<۰/۰۵). به‌نظر می‌رسد نمونه ۰/۷۵٪ ماهی حسون به دلیل سفتی زیاد مورد رضایت ارزیابان نبوده اما در مورد ماهی سارم با افزایش غلظت کنجاک ویژگی‌های بافتی آن بهبود یافته و غلظت ۰/۷۵٪ مورد رضایت ارزیابان قرار گرفته است. در نهایت ارزیابان حسی در مورد ماهی حسون، نمونه ۰/۵٪ کنجاک و در مورد ماهی سارم، نمونه ۰/۷۵٪ کنجاک را به عنوان بهترین نمونه انتخاب کردند که مربوط به ویژگی‌های بافتی آن‌ها می‌باشد. فرایند شست و شوی سوریمی موجب حذف مواد دارای بو می‌شود. همچنین در طی شست و شو میزان چربی بسیار کم می‌شود. Osburn و Keeton (۲۰۰۴) نشان دادند که استفاده از صمغ کنجاک در فرمولاسیون سوسیس کم‌چرب از نظر خصوصیات حسی تفاوت قابل درکی بین سطوح مختلف کنجاک مشاهده نشد. Santana و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که در بین هیدروکلوئیدهای مورد استفاده در تهیه سوسیس فرموله شده با پودر سوریمی، صمغ کنجاک به دلیل ایجاد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و خصوصیات حسی مطلوب بهترین صمغ برای تولید این محصول می‌باشد.




**شکل ۵- نتایج ارزیابی حسی ژل‌های سوریمی حاصل از ماهی سارم و حسون.**
خطوط سبز مربوط به ماهی سارم و خطوط قرمز مربوط به ماهی حسون می‌باشند.

## نتیجه‌گیری

این مطالعه به منظور بررسی تاثیر کنجاک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی سوریمی و ژل سوریمی حاصل از ماهیان سارم و حسون صورت گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش درصد صمغ کنجاک به نمونه‌های سوریمی و ژل سوریمی هر دو گونه ماهی، رطوبت و ظرفیت نگهداری آب افزایش یافته اما مقادیر روشنایی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با ارزیابی ژل حاصل از هر دو ماهی مشخص شد افزودن کنجاک ویژگی‌های بافتی و پارامترهای نیروی شکست و تغییر شکل نمونه‌ها را بهبود بخشیده و افزایش می‌دهد. از طرفی ماهی حسون در

مقایسه با ماهی سارم ژل با کیفیت‌تر و مستحکم‌تری تولید می‌کند. هم‌چنین نتایج ارزیابی حسی و قابلیت تا شدن ژل‌های سوریمی نشان داد ارزیابان حسی ژل سوریمی ماهی حسون با غلظت ۰/۵٪ کنجاک و ژل سوریمی ماهی سارم با غلظت ۰/۷۵٪ کنجاک را به‌عنوان بهترین نمونه ارزیابی کردند. بنابراین با استفاده از غلظت مناسب صمغ کنجاک می‌توان ویژگی‌های ژل سوریمی را بهبود بخشیده و یک محصول با کیفیت بالا و پذیرش قابل قبول تولید کرد.

## منابع


Al-Ghazzewi, F., Khanna, H. S., Tester, R .F., & Piggott, J. (2007). The potential use of hydrolysed konjac glucomannan as a prebiotic. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(9), 1758-1766.

An, H., Weerasinghe, V., Seymour, T. A., & Morrissey, M. T. (1994). Cathepsin degradation of Pacific whiting surimi proteins. *Journal of Food Science*, 59, 1013–1017.

Andrés-Bello, A., Iborra-Bernad, C., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2012). Effect of konjac glucomannan (KGM) and carboxymethylcellulose (CMC) on some physico-chemical and mechanical properties of restructured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) products. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 133–145.

AOAC. (2005). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 18th ed. (William, S., ed.) Washington D. C.: AOAC.

Buamard, N., & Benjakul, S. (2015). Improvement of gel properties of sardine (*Sardinella albella*) surimi using coconut husk extracts. *Food Hydrocolloids*, 51, 146-155.

Çaglak, E. (2018). Production of Surimi from Whiting (*Merlangius Merlangus L*. 1758) and Effect of Starch on Surimi Quality during Frozen Storage. *Nutrition* and *food science international journal*, 5(5), 1-6.

Carpenter, K. E., Krupp, F., Jones, D. A., & Zajonz, U. (1997). The living marine resources of the Kuwait, Eastern Saudi Arabia, Bahrain, Qatar and the United Arab Emirates. FAO species identification field guide for fishery purposes, Rome, p. 293.

Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Faustman, C. (2004). Characteristics and gel properties of muscles from sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) caught in Thailand. Food Research International, 37, 1021–1030.

Chen, J., Deng, T., Wang, C., Mi, H., Yi, S., Li, X., & Li, J. (2020). The effect of hydrocolloids on gel properties and protein secondary structure of silver carp surimi. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5) ,2252-2260.

Chin, K. B., Keeton, J. T., Longnecker, M. T., & Lamkey, J. W. (1998). Functional, textural and microstructural properties of low-fat bologna (model system) with a konjac blend. *Journal of Food Science*, 63(5), 801 – 807.

Ding, Y., Liu, Y., Yang, H., Liu, R., Rong, J., & Zhao, S. (2011). Effects of $CaCl_2$ on chemical interactions and gel properties of surimi gels from two species of carps. *European Food Research* and *Technology*,233(4), 569-576.

Eom, S.-H.,. Kim, J.-A., Son, B.-Y., You, D. H., Han, J. M., Oh, J.-H., Kim, B.–Y., & Kong, C.–S. (2013). Effects of carrageenan on the gelatinization of salt-based surimi gels. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 16(3), 143–147.

FAO, (2012). The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, p.

Fogaca, F. H. S., Trinca, L. A., Bombo, A. J., & Sant'Ana, L. S. (2013). Optimization of the surimi production from mechanically recovered fish meat (MRFM) using response surface methodology. *Journal of Food* Quality, 36, 209-216.

Hai-hua, C., & Chang-hu, X. (2009). Effects of Various Hydrocolloids on Gel Properties of *Trachinocephalus myops* Surimi. *Food Science*, 30(5), 40–45.

Hajidoun, H. A., & Jafarpour, A. (2013). The Influence of Chitosan on Textural Properties of Common Carp (*Cyprinus Carpio*) Surimi. *Journal of Food Processing Technology*, 4, 1-5.

Hamzah, N., Sarbon, N. M., & Amin, A. M. (2015). Physical properties of cobia (*Rachycentron canadum*) surimi: effect of washing cycle at different salt concentrations. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8):4773–4784.

Hedayati, S., & Koochaki, A. (2013). Evaluation the effect of hydrocolloids on the texture and stability of surimi. *21st National Congress of Food Science and Technology*, Shiraz, Iran.

Heydari, S., Shabanpour, B., & Pourashouri, P. (2017). Investigate the properties of surimi paste and gel fortified with dietary fiber. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 14(68), 193-202.

Hosseini Shekarabi, S. P., Hosseini, S. E., Soltani, M., & Zojaji, M. (2014). Effects of various hydrocolloids on textural and microstructural properties of black mouth croaker (*Atrobucca nibe*) surimi gel. *Journal of Food Research (University of Tabriz)*, 24(3), 425- 437 [In Persian].

Hosseini-Shekarabi, S. P., Hosseini, S. E., Soltani, M., Kamali, A., & Valinassa, A. (2014). A Comparative Study on Physicochemical and Sensory Characteristics of Minced Fish and Surimi from Black Mouth Croaker (*Atrobucca nibe*). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16, 1289-1300.

Hsu, C.-K., & Chiang, B.-H. (2002). Effects of water, oil, starch, calcium carbonate and titanium dioxide on the colour and texture of threadfin and hairtail surimi gels. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(4), 387–393.

Ingadottir, B. & Kristinson, H.G. (2010). Gelation of protein isolates extracted from tilapia light muscle by pH shift processing, *Food Chemistry*. 118: 780-798.

Jafarpour, A. (2012). Surimi and Physical Characteristics of Its Gel Network. Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resoruces, 272 p.

Jafarpour, A., & Gorczyca, E. M. (2009). Rheological Characteristics and Microstructure of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Surimi and Kamaboko Gel. *Food Biophysics*, 4, 172-179.

Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., López-López, I., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T., & Solas, M. T. (2010). Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Science*, 84(3), 356–363.

Jin, S. K., Kim, I. S., Kim, S. J., Jeong, K. J., Choi, Y. J., & Hur, S. J. (2007). Effect of muscle type and washing times on physico-chemical characteristics and qualities of surimi. *Journal of Food Enginering*, 81, 618–623.

Jung, Y. H., & Yoo, B. (2005). Thermal gelation characteristics of composite surimi sol as affected by rice starch. *Food Science* and *Biotechnology*, 14, 871-874.

Khosronejad, N., & Baghaie, H. (2014). Investigating the effect of adding hydrochloroids on the qualitative characteristics of vegetable burgers during shelf life. MS Thesis. Damghan Islamic Azad University.

Kumar, P., & Mishra, H. N. (2004). Effect of stabilizer addition on physicochemical, sensory and textural properties. *Food chemistry*, 87, 501-207.

Lanier, T. C., Carvajal, P., & Yongsawatdigul, J. (2005). Surimi Gelation Chemistry. In: Park, J.W. (Eds.), Surimi and Surimi Seafood. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, pp. 435-489.

Li, J. M., & Nie, S. P. (2015). The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*, 1-16.

Liu, J., Wang, X., & Ding, Y. (2013). Optimization of Adding Konjac Glucomannan to Improve Gel Properties of Low-quality Surimi. *Carbohydrate Polymers*, 92 (1), 484–489.

Milani, J., & Maleki, G. (2012). Hydrocolloids in Food Industry. In Valdez, B. (Ed). Food Industrial ProcessMethods and Equipment, p. 2–38. China: Intech. Retrieved from *http://www.intechopen.com/books/food-industrial-processes-methods-and-equipment/hydrocolloids-in-food-industry* on 12/11/2015

Montero, P., & Pérez-Mateos, M. (2002). Effects of $Na^+$, $K^+$ and $Ca^{2+}$ on gels formed from fish mince containing a carrageenan or alginate. *Food Hydrocolloids,* 16, 375-385.

Montero, P., Hurtado, J. L., & Pérez-Mateos, M. (2000). Microstructural behaviour and gelling characteristics of myosystem protein gels interacting with hydrocolloids. *Food Hydrocolloid,* 14(5), 455-461.

Muthia, D., Nurul, H., & Noryati, I. (2010). The effects of tapioca, wheat, sago and potato on the physicochemical and sensory properties of duck sausage. *International Food Research Journal*, 17, 877-884.

Osburn, W. N., & Keeton, J. T. (2004). Evaluation of low-fat sausage containing desinewed lamb and konjac gel. *Journal of Meat Science*, (68), 221-233.

Park, J. W. (2014). Surimi and surimi seafood. Taylor & Francis Group, New York, NY.629 p.

Petcharat, T., & Benjakul, S. (2017). Effect of gellan incorporation on gel properties of bigeye snapper surimi. *Food Hydrocolloid*, 77, 746-753.

Phu, N., Morioka, K., & Itoh, Y. (2010). Microstructure of white croaker surimi protein gels set at low temperature under the inhibition of the polymerization and degradation of protein. International Journal of Biological Sciences, 52, 1727-3048.

Rahmawati, R., Rostini, I., Mulyani, Y., & Liviawaty, E. (2018). The ratio of tuna white meat surimi and red meat surimi in the making of fish burger based on the preference level. *World Scientific News*, 114, 68-83.

Ramirez, J. A., Uresti, R. M., Velazquez, G., & Vázquez. M. (2011). Food hydrocolloids as additives to improve the mechanical and functional properties of fish products: A review. *Food Hydrocolloids*, 25, 1842-1852.

Razavi – Shirazi, H. (2007). Seafood technology Principles of storage and processing. Naghsh Mehr, Tehran, Fourth Edition, 292 p.

Rohani, A. C., Indon, A., & Yunus, J. M. (1995). Processing of surimi from freshwater fish – Tilapia. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, 23(2), 183–190.

Sa´nchez-Alonso, I., Haji-Maleki, R., & Borderias, A. J. (2007). Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. *Food Chemistry*, 100, 1037– 1043.

Sadeghi, N. (2001). Biological and morphological features of fish in southern Iran. Naghsh Mehr, Tehran, First Edition, 450 p.

Santana, P., Huda, N., & Yang, T. A. (2013). The Addition of Hydrocolloids (Carboxymethylcellulose, Alginate and Konjac) to Improve the Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Fish Sausage Formulated with Surimi Powder. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 13, 561-569.

Sarker, M. Z. I., Elgadir, M. A., Ferdosh, S., Akanda, M. J. H., Manap, M. Y. A., & Noda, T. (2012). Effect of some biopolymers on the rheological behavior of surimi gel. Molecules, 17, 5733–5744.

Savadkoohi, S., Hoogenkamp, H., Shamsi, K., & Farahnaky, A. (2014). Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. *Journal of Meat Science*, 97, 410–418.

Smith D.M., (1991). Factors influencing heat induced gelation of muscle proteins. In: (N. Paris & R. Bradford eds.) Interactions of food proteins. Washington, DC: American Chemical Society.

Takigami, S., Takiguchi, T., & Phillips, G. O. (1997). Microscopical studies of the tissue structure of konjac tubers. *Food Hydrocolloids*, 11, 479-484.

Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elias, L. G. (1989). Basic Sensory Methods for Food Evaluation. The Centre, University of Minnesota, 1 -160.

Xiong, G., Cheng, W., Ye, L., Du, X., Zhou, M., Lin, R., Geng, S., Chen, M., Corke, H., & Cai, Y.Z. (2009). Effects of konjac glucomannan on physicochemical properties of myofibrillar protein and surimi gels from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Food Chemistry*, 116, 413–418.

Yam, K. L., & Papadakis, S. E. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of food Engineering*, 61, 137-142.

Yang, D., Yuan, Y., Wang, L., Wang, X., Mu, R., Pang, J., Xiao, J., & Zheng, Y. (2017). A review on konjac glucomannan gels: microstructure and application. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(11), 2250.

Yongsawatdigul, J., & Piyadhammaviboon, P. (2005). Effect of microbial transglutaminase on autolysis and gelation of lizardfish surimi. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1453-1460.

Zhang, F., Fang, L., Wang, C., Shi, L., Chang, T., Yang, H., and Cui, M. (2013). Effects of starches on the textural, rheological, and color properties of surimi-beef gels with microbial tranglutaminase. *Meat Science*, 93, 533-537.

Zhang, L., Xue, Y., Xu, J., Li, Z., & Xue, C. (2015). Effects of deacetylation of konjac glucomannan on Alaska Pollock surimi gels subjected to high-temperature (120℃) treatment. *Food Hydrocolloids*, 43, 125-131.

Zhou, X., Jiang, S., Zhao, D., Zhang, J., Gu, S., & Pan, Z. (2017). Changes in physicochemical properties and protein structure of surimi enhanced with camellia tea oil. *LWT - Food Science* and *Technology*, 84, 562-571.

**Iranian Food Science and Technology Research Journal**
**Vol. 17, No. 4, Oct- Nov 2021, p. 517-532**

**نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران**
**جلد ۱۷، شماره ۴، مهر- آبان ۱۴۰۰، ص. ۵۳۲-۵۱۷**

# Study on the effect of Konjac hydrocolloid on physicochemical and textural properties of surimi produced from Talang Queenfish (*Scomberoides commersonnianus*) and Lizardfish (*Saurida tumbil*)

**D. Jafarpour[1*], P. Ataei [2]**

Received: 2020.06.27
Accepted: 2020.09.22

**Introduction:** Every year during marine fishing, some species that are caught are not suitable for human consumption and they are known as surplus fishing or low consumption, which is an important factor in wasting these rich resources. Therefore, it is necessary to set arrangements to use such species for human consumption, including the production of surimi. The surimi industry mainly uses Alaska pollock fish as the main source for surimi production. However, due to the increase in the world's population and partly the depletion of the fish stocks, followed by a reduction in the surimi production of Allaska Pollock fish (due to restrictive fishing laws), the need to use new species is considered urgent. In this regard, additives such as gums can be used to reform and improve the properties of surimi. Therefore, in this study, the possibility of producing surimi paste and gel from Lizardfish and Talang Queenfish was investigated and the effect of Konjac on the physicochemical properties of the product produced from these two types of fish was evaluated.

**Materials and methods**: In this study, Talang Queenfish and Lizardfish with approximate weight of 225.9±33.6 and 275.9±24.4 g and average size of 15.1±2.4 and 17.3± 2.6 cm, respectively, were purchased freshly from the fish market. After preparing surimi paste from both types of fish, Konjac gum in concentrations of 0.25, 0.50 and 0.75 % (w/w) was added directly to the surimi paste. Then to prepare surimi gel, first, the samples were placed in a water bath at 25 ° C for 3 hours for setting and then cooked at 90 ° C for 20 minutes. After that, the prepared gels were cooled in iced water immediately. The produced paste and gel were evaluated in terms of chemical composition, water holding capacity and color factors. Texture and sensory characteristic were assessed on the produced gels of both types of fish and compared with the control sample (without gum).

**Results and discussion**: According to the results, the yield of Lizardfish was 28% and Talang Queenfish was 22%. It seems that the larger size of Lizardfish has been effective in its higher yield than Talang Queenfish. Based on the results, the percentage of ash, protein and fat in the treatments did not change significantly compared to the control sample. Also, there was no significant difference between the two types of fish in the amount of mentioned factors ($p>0.05$). As the contraction level of Konjac gum increased, the amount of moisture and water holding capacity of the paste samples of both fish increased significantly, which is due to the absorption and binding of water by the Konjac hydrocolloid. The lightness level ($L^*$) of the surimi paste and gel of both types of fish increased significantly with the addition of Konjac, which is related to the increase in water content in the samples. The lightness of the surimi paste and gel of Lizardfish was higher than that of Talang Queenfish, which is due to the presence of more pigments in the Talang Queenfish meat. Control Sample and treatment of 0.25% of Talang Queenfish surimi paste showed more yellowness and redness than Lizardfish, but in the resulting gel, their values were reduced, indicating that the formation of gel structure by Konjac gum and binding to the proteins covered the yellowness and redness of the samples. By increasing the concentration of Konjac in surimi gel of both fish the parameters of texture (firmness, cohesiveness, adhesiveness, springiness, chewiness) breaking force and deformation increased significantly compared to the control sample. Also, the results showed that the surimi gel from Lizardfish has higher firmness, cohesiveness and strength than Talang Queenfish. Sensory evaluations showed that the panelists assigned the highest score for the surimi gel from Lizardfish to the 0.5% treatment and for the Talang Queenfish to the 0.75% treatment of Konjac. Based on the findings of the present study, it was found that surimi gel from Talang Queenfish has a lower quality than Lizardfish, but with the addition of Konjac gum, its properties can be improved.

**Keywords:** Surimi, Konjac hydrocolloid, Color, Texture, Sensory evaluation

---

1 and 2. Assistant professor and Former MSc Student, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Islamic Azad University of Fasa Branch, Fars, Iran.
(*Corresponding Author Email: d.jafarpour84@yahoo.com)